

29. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 3. – 5. März 2020 in Braunschweig

## **Erfahrungen mit nichtchemischen Unkrautbekämpfungsverfahren in den Demonstrationsbetrieben integrierter Pflanzenschutz**

*Practical experiences with nonchemical methods of weed control gathered in the farm network  
"Demonstration farms for integrated pest management"*

**Madeleine Paap\*, Jan Helbig, Annett Gummert, Hella Kehlenbeck**

Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow, Germany

\*Korrespondierende Autorin, [madeleine.paap@julius-kuehn.de](mailto:madeleine.paap@julius-kuehn.de)

DOI 10.5073/jka.2020.464.037



### **Zusammenfassung**

Um die Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes (IPS) in der Praxis zu fördern, vorbeugende und alternative Verfahren zu demonstrieren und die Pflanzenschutzmittelanwendungen auf das notwendige Maß zu beschränken, hat das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft das Modellvorhaben "Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz" initiiert. Von 2011 bis 2018 haben sich deutschlandweit 67 Praxisbetriebe aus den Produktionsbereichen Ackerbau, Apfelanbau, Feldgemüsebau, Hopfenanbau und Weinbau jeweils für fünf Jahre engagiert, um den IPS auf ihren Flächen und Anlagen zu optimieren. Unter anderem wurden verschiedene nichtchemische Verfahren zur Unkrautbekämpfung erprobt. Grundsätzlich erfolgten die Unkrautbekämpfungsmaßnahmen in den Demonstrationsbetrieben nach Befallsermittlungen und entsprechend des standortspezifischen Unkrautbesatzes. Die erprobten nichtchemischen Verfahren führten meist zu zufriedenstellenden Bekämpfungserfolgen, waren jedoch oft mit hohen zeitlichen und finanziellen Aufwendungen verbunden und witterungsanfällig. Die Vorteile und Grenzen bei der Anwendung der einzelnen Verfahren werden erörtert. Weitere Informationen: <https://demo-ips.julius-kuehn.de/>

**Stichwörter:** Hopfenputzen, IPS, mechanische Unkrautbekämpfung, Unterstockbearbeitung

### **Abstract**

The model project "Demonstration farms for integrated pest management" lasted from 2011 to 2018 within total 67 participating farms specialised in arable farming, viticulture and the cultivation of apple, hops and field vegetables. Its intention was to support the implementation of integrated pest management (IPM) as well as to demonstrate preventive and alternative pest control measures to farmers, advisers and the public and to limit pesticide use to the necessary minimum. During the five years of participation, the farmers were committed to optimise their plant protection practices. Weed control measures in principle based on weed monitoring and the local weed pressure. The farmers tested different nonchemical weed control measures, which generally were effective, but demanded great efforts in terms of time and investment. Furthermore, the practical feasibility of most of these weed control measures was highly dependent on local weather conditions. This paper refers to the experiences, benefits and limits of the different weed control measures observed in the demonstration farm network.

**Keywords:** Integrated pest management, mechanical weed control, nonchemical control measures

### **Einleitung**

Der integrierte Pflanzenschutz (IPS) ist seit 1987 im Pflanzenschutzgesetz Deutschlands verankert und seit 2009 mit der EU-Pflanzenschutzrahmenrichtlinie 2009/128/EG auch in der Europäischen Union Maßstab des Handelns im Pflanzenschutz. Mit dem Modell- und Demonstrationsvorhaben „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), das im Jahr 2011 startete, wurde ein Netzwerk von Betrieben eingerichtet, welches erstmalig Aussagen über die Möglichkeiten und Grenzen des IPS unter Praxisbedingungen erlaubt. Eingebettet ist das Projekt in die Maßnahmen des „Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln“. Ziel des Modellvorhabens war es, die Umsetzung des IPS in der Praxis zu fördern, vorbeugende und alternative Verfahren zu demonstrieren und die Pflanzenschutzmittelanwendungen auf das notwendige Maß zu beschränken. Die Betriebe verschiedener Produktionsbereiche wurden vor Ort intensiv von Projektbetreuern beraten, welche regelmäßig Befallskontrollen durchführten. Die Datenauswertung wurde im JKI realisiert, sie bezieht eine Bandbreite von Parametern zur

Bewertung der Umsetzung des IPS in den Betrieben ein, die Ergebnisse zu mechanischen Unkrautbekämpfungsverfahren werden hier vorgestellt.

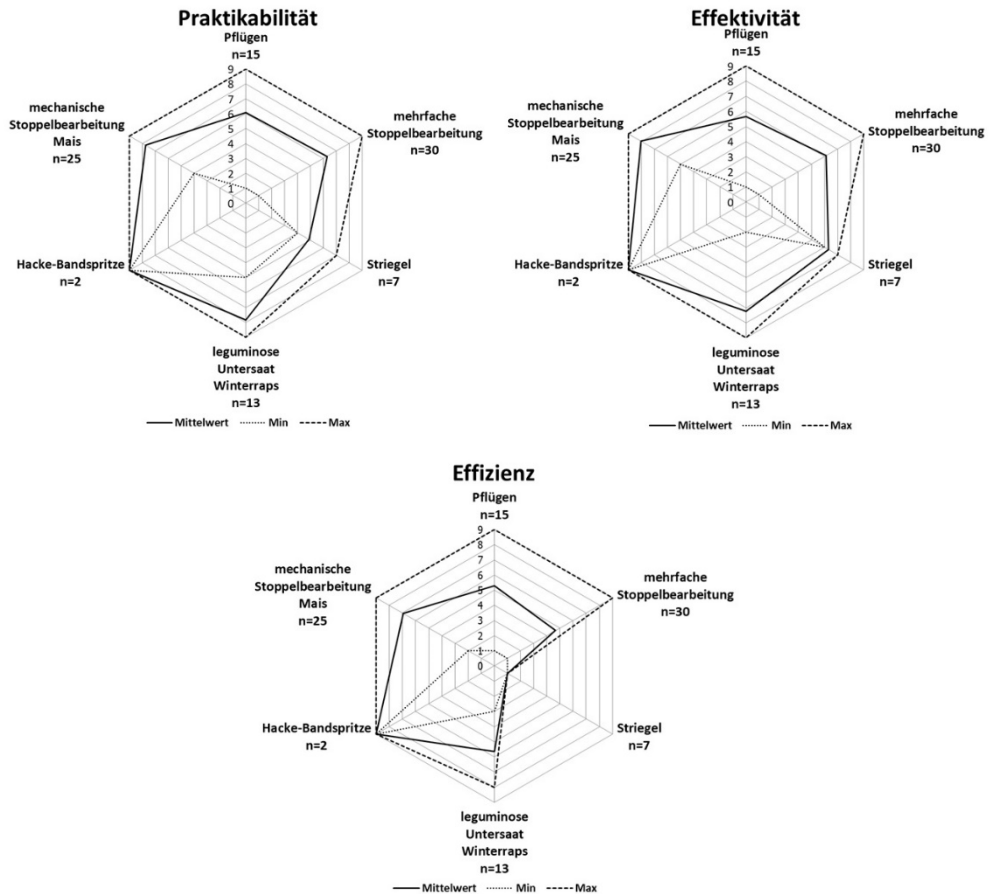
### **Material und Methoden**

Am Modellvorhaben beteiligten sich von 2011 bis 2018 deutschlandweit 67 Betriebe aus den Produktionsbereichen Ackerbau (27), Apfelanbau (13), Weinbau (12), Feldgemüsebau (10) und Hopfenanbau (5) für jeweils 5 Jahre. Die Erfahrungen mit nichtchemischen und vorbeugenden Maßnahmen, welche von den Betrieben demonstriert wurden, konnten auf Grundlage von Interviewbefragungen und Projektberichten deskriptiv erfasst werden. Darüber hinaus wurde ein Großteil der Verfahren hinsichtlich ihrer Praktikabilität, Effektivität und Effizienz subjektiv mit Noten von 0 (ungenügend) bis 9 (sehr gut) bewertet. Die Einschätzung wurde durch die Betriebe und zum Teil durch die sie begleitenden Projektbetreuer getroffen. Die Bewertung der Praktikabilität erfolgte hinsichtlich der technischen Umsetzbarkeit der jeweiligen Maßnahme. Die Effektivität wurde im Sinne der „Wirksamkeit“ für den Grad der Zielerreichung einer Maßnahme und die Effizienz als Verhältnis zwischen Nutzen und Aufwand einer Maßnahme bewertet.

### **Ergebnisse und Diskussion**

#### **Ackerbau**

In den am Projekt teilnehmenden Betrieben im Ackerbau wurden, je nach betrieblicher Ausstattung und Umweltbedingungen, verschiedene, zumeist bewährte, Verfahren der nichtchemischen Unkrautbekämpfung demonstriert. In allen Demonstrationsbetrieben wurde standardmäßig eine mechanische Stoppelbearbeitung mit Scheibenegge oder Grubber durchgeführt. Wurden weitere mechanische Unkrautbekämpfungsmaßnahmen notwendig, spielte dabei der optimale Zeitpunkt (BBCH der Unkräuter, Bodenfeuchte, Witterung) eine entscheidende Rolle. Oft mussten die Arbeitsgänge nach 2-3 Wochen wiederholt werden, da der Effekt einer einmaligen Maßnahme nicht ausreichend war. Bei Auftreten von Problemunkräutern wurde das Intervall zwischen zwei Arbeitsgängen entsprechend verkürzt (WILHELM, 2011). Neben der Bekämpfung der Unkräuter hatte die mehrmalige mechanische Unkrautbekämpfung vor der Saat eine positive Wirkung auf die Bodenstruktur (Saatbett) und auf die Einarbeitung der Ernterückstände der Vorfrucht. Gute Erfahrungen wurden mit dem mehrmaligen Einsatz des Strohstriegels kombiniert mit einer abschließenden Herbizidmaßnahme in einzelnen Betrieben gesammelt, die auch problematische Ackerfuchsschwanzstandorte bewirtschafteten, sowie mit dem Einsatz der Prismenwalze nach Winterraps mit dem Ziel des Schotenaufbruchs und der daraus resultierenden höheren Keimrate des Ausfallrapses. Als limitierende Faktoren sind dagegen die Witterung (zu feucht: schlechte Wirkung, zu trocken: strapazierter Wasserhaushalt), die Bodenart, die Schlagkraft der Technik und die Vorfrucht (Winterraps) zu nennen. Dieses weite Spektrum der Einflussfaktoren führte zu sehr unterschiedlichen Einschätzungen der Landwirte hinsichtlich Praktikabilität, Effektivität und Effizienz des Verfahrens (Abb. 1). In mehreren Betrieben und in Jahren, die diese Maßnahmen begünstigen, konnte durch die mehrmalige Bodenbearbeitung vor der Saat der Einsatz von nicht-selektiven Herbiziden eingespart, jedoch nicht komplett auf den Einsatz von Herbiziden verzichtet werden. Einige Betriebe haben die mehrfache mechanische Bodenbearbeitung vor der Saat im Laufe des Projektes in ihrem Betriebsablauf stark ausgebaut. In Betrieben, deren technische Ausstattung dies hergab, wurde der nicht mehr zum allgemeinen Standard gehörende Einsatz des Pfluges mit unterschiedlichem Erfolg demonstriert. Die wichtigsten Einflussfaktoren auf den Erfolg dieses Verfahrens waren hier die Witterung, der Standort und die zeitliche Auslastung im Betrieb. Die mechanische Stoppelbearbeitung im Mais, kombiniert mit verschiedenen Geräten zum Zerkleinern der Maisstoppel wurde von den Landwirten als gute Maßnahme im Hinblick auf die zusätzliche Bekämpfung des Maiszünslers bewertet. Das Mulchen der Feldraine zur Unterdrückung einwandernder Ungräser war in den Demonstrationsbetrieben eine Standardmaßnahme.



**Abb. 1** Bewertung der Praktikabilität, Effektivität und Effizienz der nichtchemischen und vorbeugenden Pflanzenschutzmaßnahmen im Ackerbau im Projektzeitraum 2012-2018 durch die Betriebsleiter, subjektive Bewertung mit Noten von 0 (ungenügend) bis 9 (hervorragend), n = Anzahl Bewertungen, Min = schlechteste Bewertung, Max = beste Bewertung.

**Fig. 1** Evaluating of practicability, effectiveness and efficiency of non-chemical and preventive phytosanitary measures in arable farming in the project period 2012-2018 by the farm manager, subjective evaluation with grades from 0 (insufficient) to 9 (excellent), n = number of evaluations, Min = worst evaluation, Max = best evaluation, Mittelwert = average.

Die mechanische Unkrautbekämpfung im Bestand mit dem Striegel wurde in den Kulturen Winterweizen, Wintergerste und teilweise in Winterraps mit unterschiedlichem Erfolg durchgeführt. In einzelnen Betrieben und Jahren konnte durch das dreimalige Striegeln im Wintergetreide eine Herbizidmaßnahme eingespart werden, in anderen Betrieben und Jahren gelang dies nicht. Das Einsparungspotential bei der Anwendung von Herbiziden durch das Striegeln im Winterraps wurde durch die durchführenden Betriebe auf bis zu 75 % geschätzt. Limitierende Faktoren waren hier die Bodenart (Schüttfähigkeit), die Bodenfeuchte, die Witterung, der Anteil perennierender Unkräuter und die Schlagkraft der vorhandenen Technik. Auch hier gehen die unterschiedliche Ausstattung der Betriebe und die Jahreseffekte in ein sehr breites Bewertungsspektrum hinsichtlich der Praktikabilität, Effektivität und Effizienz dieser Maßnahme ein. Sollte dieses Instrument des integrierten Pflanzenbaus breitere Anwendung finden, sind schlagkräftigere Lösungen notwendig. Im Winterraps wurden erste, sehr gute Erfahrungen mit einer Hacke, kombiniert mit einer

Bandspritze gesammelt. Dieses Verfahren bietet die Möglichkeit, in Reihenkulturen 60 % der herbiziden Anwendungen einzusparen. Wenn es in der Breite Anwendung finden soll, sind Untersuchungen zur agronomischen (Reihenabstände, Einzelkornsaat, Aussaatstärken, Düngung) und technischen Optimierung (Flächenleistung, Strohreste) nötig. Mittlerweile werden auch von der Industrie Lösungen zur Kombination Hacke-Bandspritze bereitgestellt. Als pflanzenbauliche Maßnahme im Winterraps wurde die leguminöse Untersaat demonstriert. Als erosionsmindernde Maßnahme entwickelt, zeigten sich Effekte zur Minderung des Befallsdruckes der Herbstschädlinge und der Unterdrückung der Begleitflora (CADOUX et al., 2015). Friert die Untersaat ab, kann durch den Bestandesschluss im Herbst eine Herbizidmaßnahme eingespart werden, ansonsten muss diese Behandlung im Frühjahr erfolgen. Der Erfolg dieser Maßnahme wird vom Saatbett, von der Wasserverfügbarkeit im Herbst und der Verträglichkeit der Untersaat gegenüber den Vorsaatherbiziden beeinflusst.

### Möhrenanbau

Wegen der langen Keimphase und der langsamen Jugendentwicklung der Möhrenkultur spielt das Unkrautmanagement zum Schutz der konkurrenzschwachen Möhren eine wichtige Rolle. Herbizide Vor- und Nachauflaufbehandlungen (BBCH 12) wurden von den Demonstrationsbetrieben als effektiv und bewährt eingeschätzt. Wohingegen mechanische Verfahren während früher Entwicklungsstadien als ökonomisch nicht sinnvoll bewertet wurden. Ein Vergleich zweier Herbizidstrategien eines Demonstrationsbetriebes zeigte, dass das Weglassen der Nachauflaufbehandlung die spätere Unkrautkontrolle mit Herbiziden fast unmöglich machte und der Pilz- sowie Möhrenfliegen- und Erdräubenbefall durch den Unkrautbewuchs begünstigt wurden. Herbizidbehandlungen vor der Samenbildung der Unkräuter können längerfristig zusätzliche Kosten vermeiden. In den Projektjahren 2016 und 2017 wurde die maschinelle Unkrautbekämpfung zwischen den Reihen u. a. mit einem Duo-Parallelogramm (2016) in den Möhrenbetrieben demonstriert. Die Herbizidstrategie konnte durch die mechanische Unkrauthacke ergänzt werden. Zusätzliche Zeit- und Kostenaufwendungen mussten jedoch in Kauf genommen werden. In den Jahren 2015 und 2016 wurden die mechanische Unkrautbekämpfung und die Herbizidstrategie miteinander verglichen. Die Herbizidbehandlungen führten zu Blattaufhellungen und Wachstumsdepressionen. Nach 3 Wochen waren jedoch keine Entwicklungsunterschiede zwischen den Varianten mehr sichtbar, und die Bekämpfungserfolge waren gleich gut. Auf der gehackten Fläche wurde zudem ein sehr starker Nützlingsbesatz mit Florfliegen- und Marienkäferlarven beobachtet. Zudem kann das mechanische Hacken den Möhrenfliegenbefall, d. h. den Larvenbesatz der Möhrenfliege im Boden, reduzieren. Der Einsatz der Unkrauthacke war insbesondere für Möhrenbetriebe mit zusätzlichem Biomöhren-Produktionszweig leistbar. Die dabei nicht erfassten Unkräuter mussten nachträglich in Ermangelung von Alternativen mittels Handhacke reguliert werden.

### Kohlanbau

Das mechanische Unkrauthacken im Kohlanbau, insbesondere nach der Pflanzung, wird schon seit Jahrzehnten in den Betrieben in Dithmarschen erfolgreich umgesetzt. Im Lagerkohl wurde nach einer Voraufaufbehandlung mit Herbiziden standardmäßig ein- bis zweimal maschinell gehackt. Die Praktikabilität und Effizienz des mechanischen Hackens war generell jedoch stark witterungsabhängig. Bei nasser Witterung und bei einem hohen Wassergehalt im Boden waren die Flächen schlecht befahrbar, sodass die Schlagkraft abnahm. Außerdem konnten größere Unkräuter zum Teil wieder anwachsen. Die Demonstrationsbetriebe im Rheinland erprobten zur Einsparung der Handarbeiten im Spitzkohl eine Reihenhacke mit dem Kameralenkssystem Row-Guard. Bei günstigen Witterungsbedingungen reichten die regelmäßigen Hackmaßnahmen und die Nebenwirkungen von Kalkstickstoff zur Unkrautkontrolle aus. Dieses Verfahren ist im Vergleich zur Herbizidstrategie jedoch deutlich teurer und witterungsanfälliger. Auch das Unkrautstriegeln nach der Kohlpflanzung wurde in einem Demonstrationsbetrieb erprobt. Diese Methode ist noch stärker,

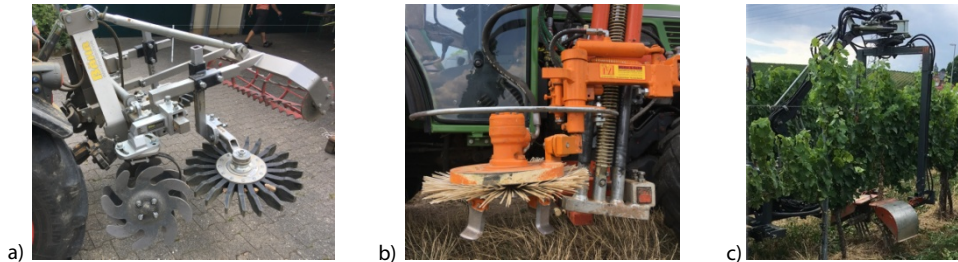
als das zuvor beschriebene Unkrauthacken, von der Witterung abhängig. Der Erfolg einer Striegelmaßnahme hängt desweiteren vom Einsatzzeitpunkt, der Einstellung und der Fahrweise des Striegels ab. Es hat sich gezeigt, dass der Einsatz des Striegels spätestens im Keimblattstadium der Unkräuter erfolgen sollte, denn weiter entwickelte Unkräuter konnten sich nach dem Striegeln teilweise regenerieren. Weiterhin sollten die Weißkohljüngpflanzen zum Zeitpunkt der Striegelmaßnahme ausreichend angewachsen sein, um Pflanzverluste zu vermeiden. Nach ausgiebigen Niederschlägen oder bei fortgeschrittenem Entwicklungsstand des Weißkohls war der Boden anschließend zu nass bzw. der Weißkohlbestand zu dicht, um eine wirkungsvolle Striegelmaßnahme durchzuführen. Unter günstigen Bedingungen kann eine Striegelmaßnahme dennoch eine interessante Alternative zu Herbizidmaßnahmen sein. Unabhängig von den mechanischen Verfahren mussten, je nach Reihenschluss, die Unkräuter in den Reihen mittels Handhacke reguliert werden. Der damit verbundene Zeitaufwand war kostenintensiv, stellte in Dithmarschen jedoch kein Problem dar. Durch die Hack- und Jätarbeiten konnten die Arbeitskräfte zwischen den Terminen der Kohlpflanzung und -ernte weiter auf den Betrieben beschäftigt werden.

## Weinbau

Bei der Unterstockbearbeitung konnten die Demonstrationsbetriebe für Weinbau, welche in Baden, Rheinhessen, Nahe, Pfalz und im Rheingau lagen, sehr viele Erfahrungen sammeln. Alle am Projekt teilnehmenden Weingüter setzten mechanische Verfahren zur Unterstockbearbeitung in ihren Weinanlagen ein, um durch die mechanische Bodenbearbeitung unter den Rebstöcken Unkräuter zu beseitigen. Der Herbizideinsatz konnte durch diese Maßnahmen vermindert oder vermieden werden. Die Betriebe nutzten u. a. Scheibenflug, Rollhacke und Flachschar. Generell nahmen jedoch die Bodenverhältnisse, die Ausrichtung der Weinberge und der jährliche Unkrautdruck maßgeblich Einfluss auf deren Praktikabilität. Witterungsbedingungen wie nasse oder auch zu trockene Böden senkten die Effektivität der mechanischen Verfahren ab. In trockenen Sommern wie im Projektjahr 2018 zeigte sich, dass durch das Aufbrechen des Bodens, durch den frühzeitigen Einsatz von Flachschar oder auch Scheibenegge, das restliche Jahr über problemlos mit der Rollhacke gearbeitet werden konnte. Die in den Betrieben erprobten Hackkombinationen aus Rollhacke, Fingerhacke und Walze (Abb. 2a) zeigten, dass bei starker Bodentrockenheit die Rollhacke nur für eine Teilbewegung des Bodens sorgte, während die Fingerhacke an der Bodenoberfläche kratzte. Die Walze fasste ganz in den trockenen Boden und störte zumindest das Unkrautwachstum, das Wurzelsystem blieb erhalten. Unter trockenen Bedingungen erbrachte der Krümelteller mit Bürste noch die besten Ergebnisse. Das Gerät arbeitete dicht am Unterstock. Dabei wurde der Boden gekrümelt, aber die Reihen lediglich dicht angefahren (Abb. 2b). Starke Niederschläge und andauernd hohe Bodenfeuchtigkeit, wie in den Jahren 2016 und 2017, schränkten den Einsatz der mechanischen Geräte ein. Teilweise wurde dann auf Alternativen der mechanischen Bodenpflege (Scheibenpflug, Stockbürsten) zurückgegriffen. Vorteilhaft erwies sich die Kombination der einseitig arbeitenden Rollhacke mit weiteren Maschinenarbeiten wie dem Mulchen, dem Laubschnitt und der Bodenbearbeitung. Der Einsatz der beidseitig arbeitenden Rollhacke erforderte dagegen mehr Aufmerksamkeit durch den Fahrer und war schlecht mit anderen Arbeitsgeräten kombinierbar.

Im Steil- und Seitenhang gestaltete sich die Unterstockbearbeitung als sehr schwierig. Ein Allroundgerät für Steillagen, für die Berg- und Talfahrt, und für Seitenhanglagen gibt es bisher noch nicht. Geräte, die z. B. mit einem Taster angesteuert werden, ließen in einer Fahrtrichtung entweder zu viel Unkraut stehen oder beschädigten den Stock. Mit Hilfe der Projektfinanzierung entwickelte ein Betrieb im Jahr 2017 in Zusammenarbeit mit einer ortsansässigen Firma für Landmaschinenbau ein Spezialgerät für einen Überzeilenrahmen, montiert auf einem Drehkranz, in den sowohl Rollhacken, als auch Stockbürsten eingebaut werden konnten (Abb. 2c). Dieses Überzeilengerät schnitt Unkräuter gleichzeitig links und rechts des Rebstocks ab, so wurden Leerfahrten vermieden. Erfahrungsgemäß sollten die Anlagen jedoch nicht jünger als 10 Jahre sein, denn Standfestigkeit und eine feste Verdrahtung waren Voraussetzungen für eine schonende Bearbeitung. Die Flächen

konnten so in 2018 ohne Herbizid bearbeitet werden. Generell waren die Möglichkeiten der mechanischen Unkrautbekämpfung im Steillagen-Weinbau stark eingeschränkt, teilweise sogar unmöglich, und die Bearbeitung mit der Hacke oder Sense war wirtschaftlich nicht tragbar - unter der Voraussetzung, dass hierfür überhaupt genügend Arbeitskräfte verfügbar waren.



**Abb. 2** Mechanische Unterstockbearbeitungsgeräte a) Hackkombination mit Fingerhacke, Rollhacke und Walze, b) Unterstockbürste, c) Überzeilengerät.

**Fig. 2** Mechanical processing under vines a) machine combination different hoeing tools, b) mowing machine, c) prototype of a combination machine for double-sided hoeing.

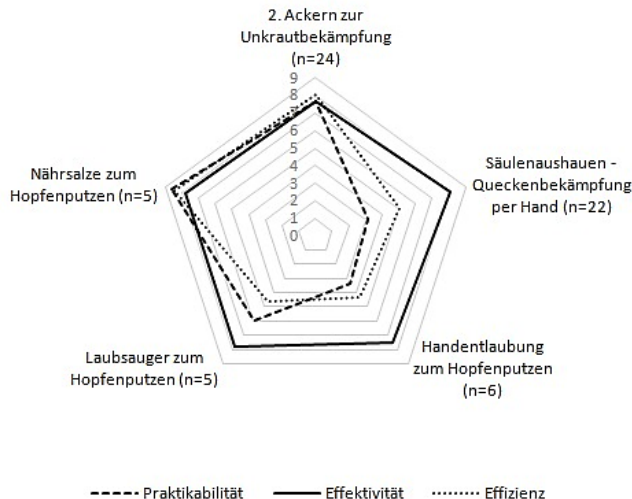
Ein weiterer Demonstrationsbetrieb verzichtete schon seit vielen Jahren auf Herbizidanwendungen, da das eigens gebaute Gerät zur Unterstockbearbeitung, eine Kombination aus unterschiedlich großen, aneinander gereihten Scheibenpflügen im Zwischenachsbereich mit verstellbaren Neigungswinkeln, optimal an die Bodenverhältnisse der Anlagen angepasst werden konnte. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht und auf Grund des hohen Arbeits- und Kostenaufwandes ist die herbizidfreie Unkrautregulierung außerhalb der Projektzeit und bezogen auf die Gesamtfläche der Demonstrationsbetriebe jedoch nicht in jedem Betrieb umsetzbar. Problematisch wurde der Einsatz maschineller Unterstockbearbeitungsgeräte zudem in neuen Anlagen, in denen die Reben nicht mehr in Abständen von 120 bis 130 cm in Reihe stehen, sondern nur noch in Abständen von 50 bis 80 cm. Die mechanischen Verfahren haben dann kaum Spielraum. Weitere begrenzende Faktoren für den Herbizidverzicht waren die Witterung und die Bodenverhältnisse. Da jeder Weinberg unterschiedliche Bedingungen aufwies, war es für die Winzer schwierig, die passende Methode für die herbizidfreie oder herbizidreduzierte Bearbeitung zu finden. Es besteht Forschungsbedarf bei deren Entwicklung sowie der ökonomischen und ökologischen Beurteilung verschiedener Verfahren. Außerdem fehlen Erkenntnisse zur Wirkungsweise der Geräte bei unterschiedlichen Böden, Bodenfeuchtigkeit und Hangneigungen, als Einzelgeräte oder in Kombination.

## Hopfenanbau

Das Hopfenputzen und die Unkrautregulierung in der Hopfenreihe (Bifang) sind aus phytosanitären wie auch aus technischen Gründen zur Ernteerleichterung notwendig. Um den unteren Rebenbereich zu entlauben, Nachschosser zu entfernen und den Bifangbereich unkrautfrei zu halten, werden üblicherweise 1- bis 3-mal pro Jahr Herbizide in Reihenbehandlung appliziert. Es stehen jedoch auch verschiedene alternative Verfahren zur Verfügung, die im Rahmen des Projektes erprobt wurden. Das einmalige Ackern in Kombination mit einem Grubberarbeitsgang und späterem chemischen Hopfenputzen gehört im Hopfenanbau zur Standardmaßnahme (LFL, 2019). Zusätzlich wurde ein zweiter Ackergang als Maßnahme der mechanischen Unkrautbekämpfung durchgeführt. Diese Maßnahme führte, wenn möglichst früh durchgeführt, zu guten Ergebnissen bei der Bekämpfung von Unkräutern und Nachschossern, lockerte den Boden und konnte beim Einarbeiten von Düngemitteln helfen. Das Verfahren wird, wie andere mechanische Unkrautregulierungsmaßnahmen, durch seine Witterungsanfälligkeit (Nässe, Trockenheit) limitiert und kann die Erosionsgefahr sowie den Humusabbau fördern. Dennoch wurde die Maßnahme „2. Ackern“ als „echte Alternative zur chemischen Unkrautbekämpfung auf dem Bifang“ angesehen und mit einer insgesamt hohen Praktikabilität, Effektivität sowie Effizienz bewertet (Abb. 3).

Einzelne Bereiche der Hopfenanlage (Bodenanker und Hopfensäulen) können im Zuge der Bodenbearbeitung nur unzureichend maschinell bearbeitet werden. Hier siedeln sich oft Quecken oder andere hochwachsende (Un-)Gräser an, die einen Zwischenwirt für die Markeule darstellen, deren Raupen wiederum den Hopfen schädigen. Als Alternative zur Herbizidanwendung und vorbeugende Maßnahme gegen Markeulenbefall wurden die Quecken nach der Hopfenernte per Handhacke entfernt. Das sogenannte „Säulenaushauen“ wurde von den Landwirten als wirkungsvolles, aber, durch den hohen Arbeitsaufwand und die damit verbundenen Arbeitskosten, nur wenig effizientes bzw. praktikables Verfahren angesehen. Zum Hopfenputzen wurden verschiedene alternative Verfahren versuchsweise angewandt. Das händische Hopfenputzen (Entlauben bis 1 m Triebhöhe) wurde als sehr effektiv angesehen. Als vorteilhaft bewertet wurde, dass durch die Handentlaubung die Entwicklung der Gemeinen Spinnmilbe gebremst wurde, so dass Akarizidbehandlungen reduziert oder hinausgezögert werden konnten. Als unpraktikabel und uneffektiv wurden jedoch die hohen Arbeitskosten und die Gefahr der Virusübertragung angesehen. Darüber hinaus wurden Bodentriebe nicht mit entfernt und die oft mit der chemischen Behandlung kombinierte Düngemaßnahme musste als extra Arbeitsgang erfolgen.

**Abb. 3** Bewertung der Praktikabilität, Effektivität und Effizienz der nichtchemischen und vorbeugenden



Pflanzenschutzmaßnahmen im Hopfenanbau im Projektzeitraum 2014-2018 durch die Betriebsleiter, subjektive Bewertung mit Noten von 0 (ungenügend) bis 9 (hervorragend), n = Anzahl Bewertungen.

**Fig. 3** Evaluation of practicability, effectiveness and efficiency of non-chemical and preventive measures in hop growing in the project period 2014-2018 by the farm manager, subjective evaluation with grades from 0 (insufficient) to 9 (excellent), n = number of evaluations.

Das Hopfenputzen mithilfe eines Laubsaugers wurde mit hoher Effektivität sowie mittlerer Praktikabilität und Effizienz bewertet. Der Laubsauger entfernte bei optimaler Terminierung das komplette Hopfenlaub und konnte somit Herbizidanwendungen reduzieren. Die Bodentriebe und der Unkrautbesatz des Bifangs konnten jedoch nicht erfasst werden, sodass hier meist Nachbehandlungen mit Herbiziden notwendig waren. Weitere limitierende Faktoren dieser Maßnahme waren der personelle Aufwand, die hohen Energiekosten und die Terminierung des Verfahrens. Das Hopfenputzen mit einem Entlaubungsgerät mit Nylonschnüren wurde nur im ersten Projektjahr erprobt und mäßig bewertet, da es sehr termin-/witterungsabhängig und arbeitszeitaufwändig war, Problemunkräuter (Gemeine Quecke, Winden- und Distel-Arten) nicht erfasst wurden und es zum Teil zu Verletzungen an den Reben führte. Das in der Praxis weit etablierte Verfahren, den Hopfen mit verschiedenen Nährsalzlösungen zu putzen, wurde als sehr praktikabel, effektiv und effizient bewertet. Die Wirkung kann in Abhängigkeit von der Witterung

mit der einer chemischen Behandlung verglichen werden. Insgesamt hat sich gezeigt, dass wirkungsvolle mechanische Verfahren mit einem hohen Arbeitsaufwand verbunden sind und zum aktuellen Stand der (technischen) Entwicklung keine vollwertige Alternative zur Anwendung von Herbiziden im Hopfenanbau zur Verfügung steht, mit der sowohl ein zufriedenstellendes Ergebnis beim Hopfenputzen als auch bei der Unkrautbekämpfung erzielt werden kann.

### Apfelanbau

In den Demonstrationsbetrieben für Apfelanbau wurden in Abhängigkeit von Standort und Witterung 1- bis 3-mal jährlich Herbizide zwischen den Baumreihen appliziert. Die zur Verfügung stehenden alternativen Verfahren zur mechanischen Unkrautkontrolle wurden vor Projektbeginn aufgrund der damit einhergehenden höheren Kosten, Zeit- und Arbeitsaufwendungen sowie möglichen Ertragsverlusten (HOLTHUSEN et al., 2019) noch nicht genutzt. Im Rahmen des Modellvorhabens testeten die Betriebsleiter ausgewählte mechanische Verfahren.

Im Alten Land konnte ein Betrieb, der in Dammkultur arbeitet, gute Erfahrungen mit einem Anhäufelgerät zur mechanischen Unkrautbekämpfung und Bodenbearbeitung (Dampfpflege) machen und unter günstigen Bedingungen (in einem trockenen Jahr) eine Herbizidmaßnahme einsparen. Beim Anhäufeln werden Falllaub und organischer Dünger in den Boden eingearbeitet und damit die Verrottung gefördert, was gleichzeitig zu einer Senkung des Ascosporenpotentials des Schorfpilzes *Venturia inaequalis* beiträgt. Die Maßnahme ist jedoch witterungsabhängig und aufgrund der nur einseitigen Arbeitsweise deutlich zeitaufwändiger als die Applikation eines Herbizides. Auf einem Betrieb in der Region Südwest wurde eine mechanische Unkrautregulierung mit Flachschar und Scheibenegge in mehreren Jahren durchgeführt. Nach Einschätzung des Betriebsleiters eignete sich das Verfahren zur Einsparung von Herbiziden, konnte diese, aufgrund der Kosten bzw. der erzielbaren Erzeugerpreise im konventionellen Anbau, jedoch nicht vollständig ersetzen. Für Praktikabilität, Effektivität und Effizienz wurden hohe Noten von 6 bis 8 vergeben. Neben der Unkrautregulierung wurde der Boden aufgelockert, die Verdunstung aus dem Boden durch Kapillarbrechung reduziert und die Moosschicht entfernt. Zudem wurden Blutlauskolonien an den Baumstämmen durch diesen Arbeitsgang zugeworfen. Auf zwei weiteren Betrieben in Nordbaden wurden Fadenmaschinen eingesetzt. Nachdem zunächst Erfahrungen zur möglichen Fahrgeschwindigkeit, dem Fadenverbrauch (schnelle Abnutzung bei steinigten Böden) und der Eignung einzelner Anlagen (Hanglagen sind schwierig) gesammelt werden mussten, konnten die Fadenmaschinen vor allem in trockenen Jahren genutzt werden, um Herbizidanwendungen einzusparen. Die Vorteile der Fadenmaschine sind, dass in älteren Anlagen bis an den Stamm gefahren werden kann, der Boden nicht bewegt wird und eine ungewollte Mineralisierung von Nährstoffen ausbleibt. Das abgeschlagene Kraut mindert zusätzlich die Verdunstung aus dem Boden und verbessert damit die Wasserversorgung in den Anlagen. Die Praktikabilität der Fadenmaschine bewerteten die Betriebe mit 5 bis 6 Punkten. Nachteilig war, dass bei Nässe die Unkräuter zu stark und schnell nachwuchsen, so dass sehr viele Überfahrten in kurzer Zeit notwendig waren. Die Umsetzbarkeit aller beschriebenen Maßnahmen ist durch Faktoren wie nasse Witterung, zu hoher Unkrautdruck oder schwerer Boden begrenzt. Darüber hinaus ist zur Schonung der Bäume eine genaue Fahrweise erforderlich. Nach insgesamt positiven Erfahrungen haben alle Betriebsleiter ihre Geräte zur mechanischen Unkrautkontrolle in ihren Betriebsablauf integriert und werden diese auch nach Projektende situationsbedingt in Kombination mit chemischer Unkrautbekämpfung weiter nutzen.

### Danksagung

Wir danken den beteiligten Betriebsleitern für die jahrelange enge, offene und vertrauensvolle Zusammenarbeit sowie den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Pflanzenschutzdienste der Länder für die intensive, fachliche Begleitung des Projektes. Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des BMEL über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), FKZ 2810MD001.



## Literatur

- CADOUX, S., G. SAUZET, M. VALANTIN-MORISON, C. PONTET, L. CHAMPOLIVIER, C. ROBERT, J. LIEVEN, F. FLÉNET, O. MANGENOT, P. FAUVIN, N. LANDÉ, 2015: Intercropping frost-sensitive legume crops with winter oilseed rape reduces weed competition, insect damage, and improves nitrogen use efficiency. *Oilseed & Fats Crops and Lipids* **22**(3), D302, 11 S.
- HOLTHUSEN, H., M. BRÜGGENWIRTH, M. CLVER, J. HUHS, N. OESER, J.-P. RALFS, 2019: Technik-Tage 2019 an der ESTEBURG – mechanische Entblätterung, herbizidfreie Unkrautbekämpfung und tunnelartige Sprühgeräte. *Mitt. OVR* **74**: 337-345.
- LFL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2019: Hopfen 2019 – Anbau, Sorten, Düngung, Pflanzenschutz, Ernte. LfL, Freising. 138 S.
- WILHELM, B., 2011: Beikrautmanagement ohne Pflug – Erfahrungen aus der Praxis. In: Wilhelm, B., Hensel, O. (Hrsg.), *Landtechnische Lösungen zur Beikrautregulierung im Ökolandbau*, 2011, Deutsches Institut für Tropische und Subtropische Landwirtschaft (DITSL) GmbH, Witzenhausen, 69-76.